



EESTI MAAÜLIKOOL  
Tehnikainstituut

**Elari-Eser Ohu**

**SEEMNEKASVATUSTALU SORTEERLA  
MODIFITSEERIMINE**  
UPGRADING OF SEED CLEANING FACILITY OF A SEED  
FARM

Bakalaureusetöö  
Tehnika- ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Professor Jüri Olt, *DSc*

Tartu 2019

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Elari-Eser Ohu		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Seemnekasvatustalu sorteerla modifitseerimine			
Lehekülgi: 42	Jooniseid: 22	Tabeleid: 5	Lisasid: 0
Õppetool: Biomajandustehnoloogiate õppetool			
ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 5. Tehnikateadused, T130, T210			
Juhendaja: Professor Jüri Olt, <i>DSc</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2019			
<p>Teravilja koristusjärgne töötlemine moodustab suure ning väga olulise osa seemnekasvatusest. Juhul kui koristusjärgse töötlemise tehnoloogilised lahendused on algelised ning vähese efektiivsusega, siis on tegemist väga tülika ja aeganõudva protsessiga.</p> <p>Käesoleva lõputöö eesmärgiks on modifitseerida Kesk-Eesti seemnekeskuse sorteerlat, muutes seda efektiivsemaks ning tootlikumaks. Ühtlasi tutvutakse ka teiste seemnekasvatuse ettevõtete tehnoloogiliste lahendustega. Lisaks viiakse läbi seemnepuhastusmasinate turu-uuring ning uue välja pakutud lahenduse tasuvusanalüüs.</p> <p>Töö eesmärgi saavutamiseks koostati tehnoloogiline skeem, valiti välja sobivad seadmed uue sorteerla jaoks, tutvuti teiste ettevõtete tehnoloogiatega ning võrreldi neid omavahel. Seadmete valikul lähtuti eelarvest, tootja poolt esitatud nõuetest ning võrdlushinnangu tabelist.</p> <p>Käesolev bakalaureusetöö on aluseks reaalsele modifitseerimisele põllumajandusettevõttes, mis praeguseks hetkeks on juba edukalt läbi viidud. Tulevikus arendatakse sorteerlat kindlasti veelgi efektiivsemaks ning tootlikumaks.</p>			
Märksõnad: teravili, seemnepuhastusmasinad, tootlikkus, teravilja sorteerimine			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Elari-Eser Ohu		Curriculum: Production engineering	
Title: Upgrading of seed cleaning facility of a seed farm			
Pages: 42	Figures: 22	Tables: 5	Appendixes: 0
Chair: Biosystems engineering Field of research and (CERCS) code: 5. Technological sciences, T130, T210 Supervisors: Professor Jüri Olt, <i>DSc</i> Place and date: Tartu 2019			
<p>Post-harvest treatment of grain comprises a big part seed farming. In case of very basic and inefficient technologies, post-harvest treatment of grain can be both time-consuming and difficult.</p> <p>The purpose of this bachelor's thesis is the upgrading of a seed cleaning facility, thus improving its efficiency and productivity. Also, it gives an overview of technological solutions of other seed producers as well as a market research for different seed cleaning machinery together with a cost-benefit analysis of the projected solution.</p> <p>In line with the objective of the thesis, a technological scheme was laid out, the suitable units of equipment for the seed cleaning facility were chosen, technological solutions of other similar seed producers were analysed and compared. The selection machinery was based the budget restrictions, the requirements of the producer and comparative analysis table.</p> <p>This bachelor's thesis is founded on the actual modification process in an agricultural business that has already been completed. The seed cleaning facility will certainly be further upgraded in the times ahead.</p>			
Keywords: grain, seed cleaning machines, productivity, grain sorting			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. TERAVALJA SORTEERIMINE .....	6
1.1 Sorteerimisest üldiselt .....	6
1.2 Teravilja puhastamise mooduste liigitus .....	7
1.3 Rannu Seeme OÜ sorteerla .....	7
1.3.1 Sorteerla tehnoloogiline lahendus .....	8
1.3.2 Kuivatikompleks .....	11
1.3.3 Hinnang lahendusele .....	13
1.4 Oidermaa Talu Seemnekeskus OÜ sorteerla.....	13
1.4.1 Sorteerla tehnoloogiline lahendus .....	13
1.4.2 Kuivatuskompleks.....	16
1.4.3 Hinnang lahendusele .....	17
1.5 Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ sorteerla .....	18
1.6 Olemasolevate sorteerlate võrdlusanalüüs .....	19
1.7 Lõputöö eesmärk .....	20
2. TURU-UURING .....	21
2.1 Seemnepuhastusmasinate otsing .....	21
2.1.1 Petkus K-523 eelpuhasti.....	21
2.1.2 Kongskilde KF eelpuhasti .....	22
2.1.3 Petkus K- 531 järelpuhasti .....	23
2.1.4 Cimbria DELTA 143.1 .....	24
2.1.5 Cimbria LAB GA gravisorteer .....	25
2.2 Seemnepuhastusmasinate võrdlushinnang .....	26
3. KESK-EESTI SEEMNEKESKUSE SORTEERLA MODIFITSEERIMINE .....	28
3.1 Nõudmised uuele kuivatuskompleksile ja sorteerla lahendusele .....	28
3.2 Sorteeriliin ning teravilja transport .....	28
3.3 Kuivatikompleks .....	32
3.4 Teravilja töötlemise lahenduse tehnoloogiline skeem .....	33
4. LAHENDUSE TASUVUSANALÜÜS .....	36
4.1 Prognoositav kogukulu sorteeriliini ning kuivatuskompleksi rajamisele .....	36
4.2 Tasuvusaja määramine .....	36
KOKKUVÕTE.....	39
KASUTATUD KIRJANDUS .....	40
SUMMARY .....	42

## SISSEJUHATUS

Teraviljakasvatus on tegevus, millega on seotud väga paljud ettevõtted üle kogu maailma, kuid nagu iga teinegi valdkond, vajab ka seemnekasvatus pidevalt arendamist. Sorteerimine ja puhastamine on väga suur osa kogu teravilja viljelemise protsessist. Kui tehnilised ning tehnoloogilised lahendused pole erinevatel põhjustel tasemel, siis on tegemist väga tülika ja aega nõudva protsessiga. Selles valdkonnas on väga oodatud kõrge automatiseerituse tase, et protsess oleks võimalikult efektiivne ja tõhus.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on modifitseerida teravilja sorteerlat ning kuivatuskompleksi. Modifitseerimine leiab aset töö autori koduses põllumajandusettevõttes Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ.

Töö esimeses peatükis selgitatakse üldisemalt teravilja seemnete puhastamist ja sorteerimist ning nende võimalikke erinevaid mooduseid. Lisaks on kirjeldatud mõningate Eesti seemnekasvatavate kasutusel olevaid seemnetöötlemise tehnoloogiaid ning antud nendele hinnang. Ka autori koduse põllumajandusettevõtte praegust seemnetöötlemise liini on kirjeldatud ning välja toodud selle peamised kitsaskohad. Sellest lähtuvalt on koostatud ka loetelu modifitseerimise etappidest.

Teine töö peatükk sisaldab endas sorteerimismasinate turu-uuringut, kus on välja toodud mõningad turul pakutavatest seemnete sorteerimis ja puhastamis masinatest. Kirjeldatud on iga masina tööpõhimõtet. Lisatud ka tehnilised andmed (tootlikkus, mootorite võimsused).

Kolmandas peatükis räägitakse lähemalt teravilja sorteerimise liini modifitseerimisest. Alustuseks on välja toodud nõudmised, mis esitatakse uuele liinile. Seejärel valitakse välja sobiv ning ratsionaalne masinapark, mis on uue teravilja sorteerimise liini koostamiseks vajalik. Lisatud on ka lahenduse tehnoloogiline skeem, mis selgitab üsna detailselt kõiki teravilja töötlemises esinevaid etappe.

Lõputöö viimases ehk neljandas peatükis viiakse läbi modifitseerimise tasuvusanalüüs. Välja on toodud modifitseerimise kogukulud ning lisaks ka prognoositavad jooksvad kulud, mis kaasnevad hiljem tootmisprotsessiga. Kasutades saadud andmeid, arvutatakse välja lahenduse ligikaudne tasuvusaeg.

# 1. TERAVALJA SORTEERIMINE

## 1.1 Sorteerimisest üldiselt

Tavapäraselt leidub igas teraviljakogus korraliku väliskujuga ja tervete seemnete kõrval ka vigastatuid, väärarenguga ja poolikuid viljateri [1]. Samuti ei puudu reeglina ka mitmesugused lisandid nagu näiteks umbrohuseemned, kõrretükid, mullaterad ja palju muud põllul leiduvat. Taoline vili pole kindlasti mitte kvaliteetne ning vajab sekkumist sorteerimise ning puhastamise näol. Teravilja puhtus on üks tähtsamatest kvaliteeditunnustest niiskuse ja idavnevuse kõrval.

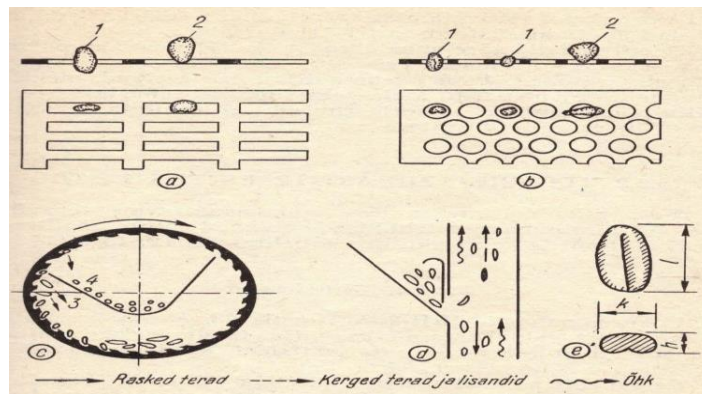
Teravilja puhastamise mõistet võiks defineerida järgmiselt: lisandite eraldamine põhikultuuri normaalteradest [14]. Sorteerimiseks nimetatakse põhikultuuri terade jaotamist eri fraktsioonideks või sortideks mingisuguse tunnuse järgi nagu näiteks mõõtmed või erikaal [14].

Seemnete puhastamine ning sorteerimine põhineb suuresti seemnekogus leiduvate umbrohtude ja põhikultuuri seemnete füüsikalise- mehaaniliste omaduste erinevustel [2]. Füüsikalise - mehaanilised omadused võivad varieeruda väga suurtes piirides. Need sõltuvad suuresti seemnete liigist, sordist, niiskusest, küpsusastmest ja paljudest teistest teguritest. Väga erinevad mõõtmete poolest võivad olla ka erinevatelt põldudelt ja eri aastatel koristatud seemned [2]. Seetõttu on täpsete juhiste andmine sõelte valikuks ning sorteerimismasina seadistamiseks väga keerukas ülesanne. Iga seemnepartii jaoks tuleb need eraldi määrata.

Vilja puhastamine ja sorteerimine toimub viljapuhastites (sorteerides). Sorteereri erinevad tööseadised jaotavad masinas oleva teravilja eri fraktsioonidesse terade- ja lisandite mõõtmete, aerodünaamiliste omaduste, erikaalu, kuju, värvi, ja teiste parameetrite alusel [2]. Võttes arvesse meil kehtivad nõudeid, saab teravilja nõutavasse puhtuseklassi terade mõõtmete ja hõljumiskiiruse alusel töötavate viljapuhastitega. Kui lisandeid juhtub olema väga suurtes kogustes, võib vajalikuks osutuda teravilja mitmekordne puhastamine. On juhuseid, kus esimesel puhastamisel ei saavutata soovitud tulemust.

## 1.2 Teravilja puhastamise mooduste liigitus

Mõõtmete alusel toimub teravilja sorteerimine ja puhastamine piklike ja ümmarguste avadega sõeltel ning samuti triöörsilindrites. Piklike avadega sõeltel toimub terade sorteerimine nende paksuse järgi. Ümmarguste avadega sõeltel sorditakse teri laiuse järgi. Piklike avadega sõela läbivad need terad ja lisandid, mille paksus on väiksem sõelas oleva ava laiusest [1]. Ümmargusi avasid läbivad need terad ja lisandid, mille laius on väiksem sõelas olevast avast. Pikkuse järgi toimub terade puhastamine ja sorteerimine triöörsilindrites. Silindri pöörlemise tulemusena kukuvad pikemad viljaterad või lisandid pesadest enne välja [1]. Lühikesed terad paigutatakse triöörsilindris olevasse renni, (joonis 1.1) pikad terad või lisandid jäävad silindrisse ning väljuvad sealt hiljem.



**Joonis 1.1** Teravilja puhastamine ja sorteerimine: a- paksuse järgi, b- laiuse järgi, c-pikkuse järgi, d- hõljumiskiiruse järgi [1].

Hõljumiskiiruse järgi sorteerimisel ja puhastamisel juhitakse teravili õhukanalisse, mis võib olla erineva asetusega. Kanalis olevas õhuvoolus, mille kiirus on reguleeritav, eralduvad viljast kergemad lisandid nagu näiteks kõlujad viljaterad [1]. Nendel on väiksem hõljumiskiirus kui korralikel viljateradel.

## 1.3 Rannu Seeme OÜ sorteerla

Rannu Seeme OÜ on põllumajandusettevõtte Tartumaal, mis tegeleb peamiselt teravilja kasvatamisega ja selle koristusjärgse töötlemisega (kuivatamine, sorteerimine). Haritavat põllumaad on ligikaudu 1400 hektarit.

### 1.3.1 Sorteerla tehnoloogiline lahendus

Toodangu sorteerimine toimub ettevõttes kahe sorteeriliiniga. Esimesel liinil (joonis 1.2) on kasutusel kaks sorteerimismasinat: Petkus K-218 ning K-531 „Gigant“. K-218 masinat kasutatakse rohkem heinaseemne sorteerimiseks ja puhastamiseks. Sorteeritav toodang juhatakse elevaatortransportööri abil salvest sorteerikolusse, kus asub ka vastav andur, mis kontrollib seemnekogust. Kui kogus ületab lubatud piiri, lülitatakse elevaator välja, et blokeerida juurdevool kolusse. Taseme langemisel miinimumi lülitatakse transportöör uuesti sisse. Erinevad lisandid kogutakse sorteerijälje paigaldatud kottidesse. Aspiratsiooni teel eraldatud lisandid juhatakse väliskeskkonda.

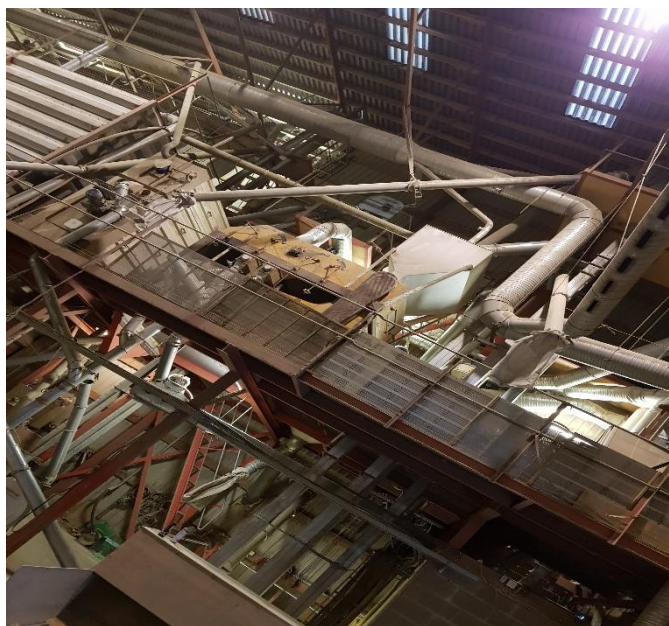


**Joonis 1.2** Petkus sorteeriliin.

Sorteeritud toodang paigutatakse elevaatortransportööri abil salve, mis on mõeldud puhastatud ja sorteeritud seemnete jaoks. Vilja väljutamiseks punkrist kasutatakse eraldi toruliini. Liini otsa paigaldatakse „Big Bag“ kott mahutavusega 1000 kg. Tootlikkus teravilja puhul maksimaalselt  $W_t = 1,3 \text{ t/h}$  ning heinaseemne puhul (Petkus K-218)  $W_{hs} = 0,25 - 0,3 \text{ t/h}$ .

Teine kasutusel olev liin (joonis 1.3) on tootlikum ning tehnoloogiliselt ka märksa keerukam. Erinevalt esimesest liinist kasutatakse siin ka eelpuhastit, mis ennem sorteerijälje eraldab suure koguse viljas leiduvaid erinevaid lisandeid. Kergemad lisandid ning tolm imetakse tsükloni abil eelsorteerijälje välja ning suunatakse väliskeskkonda. Nii tagatakse teravilja suur sorteerimise kvaliteet ja puhtus.





**Joonis 1.3** Primaarne sorteeriliin.

Teise ning suurema sorteeriliini läbilaskevõime on keskmiselt 3,5 t/h. Tootlikkus sõltub suuresti sorteeritavast teraviljast ja selle omadustest. Parem näitaja on saadud tänu suurema sorteerimismasina kasutamisele, millel puhastussõelte pindala suurem. Oma panuse annab ka eelpuhasti kasutamine, mis lihtsustab järelpuhasti tööd oluliselt.

Hoone põranda sees olevas süvendis asub vilja vastuvõtu kolu, mille kaudu juhitakse töötlemist vajav materjal masinateni, kasutades kraapi ja elevaatortransportööri. Esmalt läbib vili eelpuhasti ning seejärel liigub teravili järelpuhastisse. Järelpuhasti peal asub kolu, kuhu on paigaldatud samuti andur, mis kontrollib seal hetkeseisuga olevat viljakogust. Antud lahendus on identne esimese liiniga. Viimane etapp seemnevilja töötlemises on pikkade ja lühikeste ning poolikute terade separeerimine triööris. Peale triööri liigub töödeldud vili salve.

Kuna masinate toimimist on vaja pidevalt kontrollida ning masinate juurde minemine võrdlemisi ebamugav, on esimesele korrusele suunatud spetsiaalne liin ning väiksem mahuti, kuhu suunatakse teatud intervalli tagant väike kogus toodangut. Nii saab masina operaator lihtsalt hinnata toodangut ning vajadusel tehnikat ümber häälestada, kui selleks vajadus tekib.

Lisandite kogumise tarbeks on ehitatud spetsiaalne prahiliin, mille kaudu juhitakse tugeva õhuvoolu abil soovimatud lisandid võrdlemisi suure mahuga traktori haagisesse. Antud

lahendus kaotab vajaduse pideva prahikottide tühjendamise järgi ning muudab tootmise rohkem automatiseeritumaks (joonis 1.4).



**Joonis 1.4** Viljalisandite kogumissüsteem.

Toodangu pakendamiseks kasutatakse eraldi salve, mille külge paigaldatud spetsiaalne täiteotsik. Kott, mahutavusega 1 tonn, kinnitatakse klambri abil käsitsi otsiku külge. Enne täitmist juhitakse koti sisemusse õhuvool, mis tagab ühtlasema täituvuse (joonis 1.5).



**Joonis 1.5** „Big Bag“ koti täitmise rakis.

Kui „Big Bag“ kott saab täis (1000 kg) lülitab täitmismehhanism automaatselt välja. Antud lahendus tagab, et pakenditesse saab alati korrektne kogus (1000 kg) toodangut. Pakendid asuvad rull - lindil, mille pikkus on piisav umbes 8 koti mahutamiseks. Kui „Big Bag“ täidetud, lükatakse see liini lõppu. Sama protsess kordub ka teiste pakendite puhul. Teleskooplaaduri abil, mis suudab korraga transportida kahte kotti, viiakse toodang lattu turustamise järele ootama.

### 1.3.2 Kuivatikompleks

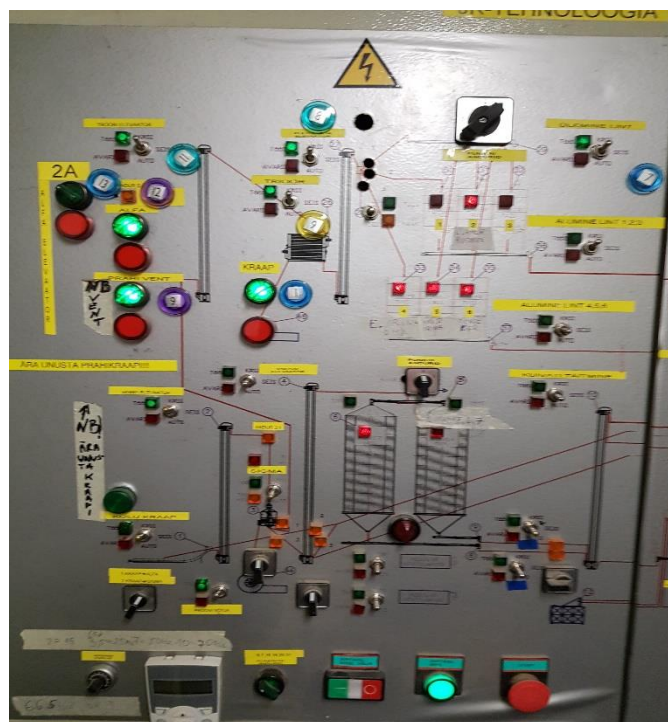
Rannu Seeme OÜ kasutab teravilja kuivatamiseks Rootsi päritolu šahtkuivatit „Svegma 4118 L/D“, mis mahutab ligikaudu 60 tonni teravilja (joonis 1.6). Kuivati ahju kütmiseks kasutatakse kütteõli, kuid vajadusel on ka võimalik kasutada diislikütust. Passiandmete järgi on kuivati võimeline kuivatama kuni 26 tonni vilja tunni jooksul 80°C juures. Kuna tegemist on seemnevilja tootmisega, siis nii kõrge temperatuuriga kuivatusprotsessi läbida ei saa. Maksimaalne kuivatustemperatuur seemnevilja puhul on  $T_k = 60^{\circ}\text{C}$ . Vastasel juhul langeb seemnete idavnevusprotsent olulisel määral. Seega reaalne kuivati läbilaskevõime erineb passiandmetes toodust.



**Joonis 1.6** Rannu Seeme OÜ kuivatikompleks.

Kasutatavate viljapunkrite kogumahtuvus ligikaudu 2100 tonni. Lisaks on paigaldatud eraldi laadimispunker, mille abil on võimalik vilja laadida kas veokitele või traktori haagistesse. Kõikides põhimahutites kasutatakse ka tasemeandureid, mis annavad ülevaate punkris olevast viljakogustest.

Kogu tootmisprotsessi, sealhulgas ka kuivatamist juhitakse ühest suuremast juhtplokkist (joonis 1.7). Selle abil on võimalik käivitada sorteerimismasinaid, erinevaid tigu- ja elevaatortransportööre ning tühjendada kuivatit. Lisaks on igale ahelale paigaldatud ka indikaatortuled, mis annavad häire korral vilkumisega märku.



**Joonis 1.7** Tootmisahelate juhtplokk.

Tootmisprotsessis olevaid tööahelaid on palju. Selle lihtsustamiseks kasutatakse skeemi, mis on juhtplokkile kantud. Skeem on ülesehitatud võrdlemisi loogiliselt ning lihtsustab operaatori tööd oluliselt. Juhtploki ruumis kasutatakse ka valvekaamerat, mis annab ülevaate reaalajas toimuvast. Antud lahendus võimaldab operaatoritel vajadusel viibida ka tootmisprotsessist eemal. Rikke või mingi muu probleemi korral saab kiiresti reageerida.

### **1.3.3 Hinnang lahendusele**

Rannu Seeme OÜ poolt kasutatavad lahendused õigustavad ennast igati. Kasutatavate sorteerimismasinate tootlikkused vastavad tootja vajadustele. Samuti on paigaldatud piisavalt punkreid teravilja hoiustamiseks. Kogu tootmisprotsessi juhtimine toimub ühe suurema juhtploki pealt, seega pole masinate sisse/välja lülitamiseks vaja eraldi nende juurde minna. Eriti nutikalt on lahendatud vilja lisandite küsimus. Tavapäraselt kogutakse nad sorteerimise külge kinnitatud kottidesse, kuid selles ettevõttes kasutatakse prahiliini, mis lisandid tootmishoonest väljaspool olevasse haagisesse kannab. Tänu sellele pole vaja töölistel nii palju füüsilist jõudu rakendada.

Elektroonika teeb küll meie elu igati lihtsamaks, sealhulgas on nad suureks abiks ka tootmisprotsesside juures, kuid nende kahjuks räägib madal töökindlus ehk võimalik rikete oht. Vaadeldava ettevõtte tootmisprotsessis on erinevaid andureid mitmeid. Leiab neid pea kõikidest ahelatest. Selge on see, et suurema mahulise tootmise juures ilma elektroonikata läbi ajada on ülimalt keeruline, kuid andurite rohke kasutamine tekitab jällegi suurema rikete riski, mille tulemusel võib tootmine seiskuda.

## **1.4 Oidermaa Talu Seemnekeskus OÜ sorteerla**

Oidermaa Talu Seemnekeskus OÜ on Lõuna-Eestis Põlvamaal asuv seemnekasvatustalu, mis tegeleb peamiselt sertifitseeritud teravilja kasvatamisega. Vilja kasvatamiseks maad ligikaudu 1600 hektarit. Seega on tegemist üsna suure ettevõttega. Esindatud on enamik teravilja kultuure ning nende erinevaid sorte.

### **1.4.1 Sorteerla tehnoloogiline lahendus**

Oidermaa talul on tänapäeval kasutuses kaks erinevat sorteerimisliini. Esimeses kasutatakse vanema tüübi „Petkus Gigant 531“ sõelsorteeret, mida tootlikkuse suurendamise eesmärgil paigaldatud kaks eksemplari (joonis 1.8).





**Joonis 1.8** Petkus 531 Gigant sorteeriliin.

Kasutades kahte sorteerimismasinat, saadakse tootlikuseks keskel läbi  $W = 2$  t/h. Käesolevat liini kasutati eelnevalt teravilja sorteerimiseks, kuid hetkeseisuga läbib neid masinaid peamiselt hernes, kuna sealsed triöörid suudavad väga efektiivselt eraldada herne poolikuid terasid. Triööri otstes asuvate toru liinide abil juhitakse poolikud ning terved terad eraldi mahutitesse. Sorteerimata toodang juhitakse suure õhuvoolu abil masinate koludesse hoone laes asuvate liinide kaudu.

Oidermaa talu teises kaasaegsemas sorteerimisliinis on kasutusel firma „Cimbria“ sorteerimismasin (joonis 1.9). Talu teravilja seemneviljaks sorteerimine ja puhastamine leiab aset just seal.



**Joonis 1.9** Cimbria Delta 107 sorteerimismasin.

Tegemist on sõelsorteeriga, mis sisaldab 12 erinevat sõela, saavutamaks teravilja maksimaalset puhtust. Masina passiandmete järgi tootlikkus teravilja puhul  $W_t = 20$  t/h, kuid ligikaudse reaalse tootlikkuse saab sorteerioperaatori sõnul, kui jagada passiandmetes välja toodut näitajat kahega.

Sorteerimata vili suunatakse masina kolusse elevaatori abil. Hoone välisosas asub vilja vastuvõtukolu, kuhu transporditakse kuivatite punkritest töötlemist vajav materjal. Kraap kannab vilja elevaatorini ning elevaator omakorda suunab vilja sorteerimismasina kolusse. Elevaator ja kraap on häälestatud nii, et nende tootlikkus ei ületaks sorteeri oma.

Sorteerimismasina läbinud vili suunatakse toruliinide abil triööridesse (joonis 1.10). Erinevad lisandid juhatakse välja masina küljelt ning need kogutakse suurematesse kottidesse. Lisandid, mis saavad eraldatud masina aspiratsiooni süsteemiga, (tolm, liiv, aganad) juhatakse eraldi torustiku abil väliskeskkonda.



**Joonis 1.10** Cimbria triöörid.

Triöörides eraldatakse seemnemassist poolikud terad. Poolikud terad suunatakse triööride all asuvasse „Big Bag“ kotti. Terved terad liiguvad elevaatori abil punkrisse. Punkrisse on paigaldatud vastav andur, mis mahuti liigse täitumise korral saadab signaali sorteeri söötursüsteemi ning peatab selle, et vältida ummistusi. Tänu sellele tehnilisele lahendusele pole sorteerimismasina operaator kohustatud viibima pidevalt masina läheduses vaid võib vajadusel minna muid tööülesandeid täitma.

Puhta vilja punker on ehitatud kõrgematele metallist jalgadele, mis tagab toodangu mugava pakendamise „Big Bag“ kottidesse. Vilja pealevoolu kotti reguleeritakse vastava siibriga. Lisaks asub punkri all kaal, mis tagab, et kottidesse saab õige kogus vilja (1000 kg). Kui seemned pakendatud, viiakse need kahveltõstuki abil lattu turustamist ootama.

#### **1.4.2 Kuivatuskompleks**

Oidermaa talus on vilja kuivatamise küsimus lahendatud kuue väiksema mahutavusega kuivati kasutamisega. Põllult tulev koristatud vili suunatakse kas otse kuivatitesse või säilituspunkritesse, (joonis 1.11) kui kõik kuivatid juhuslikult viljaga täidetud on ning lisada pole enam võimalik. Ootepunkritesse saab vilja laadida muidugi juhul kui niiskusprotsent on suhteliselt madal. Kõrge niiskusprotsendi korral paigutatakse vili ventileerimisvõimalusega punkritesse, et vältida toodangu riknemist. Vilja laadimine mahutitesse toimub läbisõidetavate sisselaadimiskolude kaudu, mis on ilmastikuolude eest kaitstud katuse ja seintega.



**Joonis 1.11** Teravilja säilituspunkrid.



Kasutatavatel kuivatitel puudub vilja jahutamise funktsioon. Peale kuivatamis protsessi juhitakse vili ventileeritavatesse punkritesse (joonis 1.12), kus leiab aset vilja jahutamine. Sooja vilja pole soovitatav ladustada, kuna punkrites võib tekkida kondensvee oht, mis võib mõjutada tunduvalt teravilja kvaliteeti.



**Joonis 1.12** Ventileeritav teraviljapunker.

Peale vilja ventileerimist vastavates punkrites suunatakse vili edasi suurematesse punkritesse sorteerimisjärge ootama. Vajadusel saab vilja paigutada ka spetsiaalsetesse laadimispunkritesse, mille kaudu võimalik laadida teravilja kas veoauto või traktori haagisesse.

### **1.4.3 Hinnang lahendusele**

Üldmulje kasutatavast tehnoloogilisest lahendusest on positiivne. Väga hästi on osatud ära kasutada hoone pindala, kus asub sorteeriliin. Välise vaatluse põhjal tundub hoone olevat üsna minimaalsete mõõtmetega, kuid siseruumidesse on suudetud mahutada tervelt kaks toimivat sorteeriliini. Viljapunkreid on kuivatikompleksis piisavalt, mis annavad tootmisprotsessile suurema paindlikkuse, eriti vilja koristuse perioodil.

Sorteerimismasinate valik on suurepärane. „Cimbria“ toodang on tuntud töö kõrge kvaliteedi poolest. Samuti vastab kasutatava masina tootlikkus firma vajadustele. Edasiarendust vajab

kindlasti sorteeritava teravilja juhtimine sorteerimismasinani. Hetkeseisuga transporditakse vili sorteeriliini hoone juurde asuvasse sisselaadimiskolusse teleskooplaaduri abil, mis nõuab lisa tööjõudu. Parem variant oleks kasutada pikemat elevaatortransportööriini, mis kannaks vilja otse punkrist sisselaadimiskolusse.

Kuivatikompleksis kasutatakse hulgaliselt väiksema mahuga kuivateid ning neile lisaks ventileeritavaid punkreid. Kuna kasvatatavaid viljasorte on palju, tagab kuivatite rohke olemasolu sordipuhituse ning hulgaliselt varieerimisvõimalusi. Samuti pole vajadust kuivatite puhastamise järgi. Ühe suurema mahulise kuivati kasutamine poleks antud ettevõtte näitel eriti mõistlik lahendus.

## **1.5 Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ sorteerla**

Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ Järvamaal tegeleb teravilja kasvatamisega ning sorteerimisega. Teraviljaga hõivatud põllupindala ligikaudu 130 hektarit.

Teravilja kuivatamiseks kasutatakse ventileeritava põhjadega kastkuivateid. Kastkuivateid on kokku 2. Mõlemasse kasti mahutatakse ligikaudu 30 tonni teravilja, mis teeb kokku 60 tonni. Kuivatusprotsessiks hädavajalik soe õhk saadakse katla abil, mis on puiduküttel. Soe õhk suunatakse ahju ventilaatori abil kuivati põhja alla, kus järgmine ning oluliselt suurema läbimõõduga ventilaator võimsusega 7 kW liigutab õhumassi kasti all laiali. Õhuvool liigub ülespidises suunas läbi seemnete ning viib kaasa nendes sisalduva niiskuse.

Kuivatatud vili juhitakse pneumotransportööri abil sorteerimismasina Petkus K-218 peal olevasse puidust salve, mille mahtuvus ligikaudu 2 m<sup>3</sup>. Vilja pealevoolu masinasse reguleeritakse salve alumises osas asuva siibriga. Petkus K-218 sorteerimismasina (joonis 1.13) tootlikkus seemnevilja puhul on ligikaudu 550 kg/h, mis praeguste töödeldavate teravilja koguste puhul jääb väheseks. Sorteeritud vili suunatakse tigutransportööri kolusse. Sealt edasi kandub teravili pakendisse, mis on paigutatud kaalumise funktsiooniga kahvelkäru peale. Peale pakendi täitumist vajalikul määral (500 kg), seisatakse masinad, transporditakse toodang lattu ning paigaldatakse teravilja teo külge uus pakend. Kogu vahepealne protsess võtab sageli ligi 10 minutit aega ning suurendab kogu tööle minevat ajakulu.



**Joonis 1.13** Petkus K-218 koos viljasalvega.

Käesoleva lahenduse üheks suureks puuduseks on ka kastkuivati läbilaskevõime, mis on ligikaudu 0,6 t/h. Keskmiselt suudab kastkuivati vilja niiskusprotsenti alandada 2 % ööpäevas. Kuivati efektiivsus sõltub suurel määral õhuniiskusest ja temperatuurist. Lisaks toimub segamine käsitsi, erinevalt moodsatest šahtkuivatitest. Seega sobib kastkuivati ainult väikese teravilja osakaalu puhul. Peamiselt kasutatakse teda siiski heinaseemnete puhul, kus mahud tunduvad väiksemad.

Suuremate teravilja koguste sorteerimismasina kohal olevasse salve paigutamine üsna aega nõudev protsess kastkuivati puhul. Üks või mitu töolist peavad rakendama palju füüsilist jõudu, kuna teravilja on vaja kühvli abil pneumotranspordööri sisendi poolele ette sööta.

## 1.6 Olemasolevate sorteerlate võrdlusanalüüs

Olemasolevate sorteerlate võrdlusanalüüs on esitatud alljärgnevas tabelis 1.

**Tabel 1.** Sorteerlate võrdlushinnang

Näitaja	Rannu	Oidermaa	Kesk-Eesti
Sorteerimismasina tootlikkus	3,5 t/h	10 t/h	0,55 t/h
Kuivati läbilaskevõime	26 t/h	-	0,6 t/h
Automatiseerituse tase	Kõrge	Keskmine	Automaatika puudub
Tööliste arv	6	3	4
Teravilja lisandite kogumine	Haagisesse	„Big-Bag“ pakend ning väliskeskkond	50 kg mahutavusega pakend ning, väliskeskkond

Eelolevast tabelist selgub, et kõik 3 tootjat erinevad oma näitajate poolest. Kõige suuremad erinevused esinevad just sorteerimismasinate tootlikkuses. Suurima läbilaskevõimega kuivati on kasutusel Rannu Seemnel. Oidermaa Seemnekeskuse kohta informatsioon puudub, kuna ettevõtte juhil puudus selle kohta täpne informatsioon.

## 1.7 Lõputöö eesmärk

Kesk-Eesti Seemnekeskusel kasutusel oleval teravilja töötlemise lahendusel esineb mitmeid puudusi ning seetõttu ei vasta ta enam tootja nõuetele. Esiteks ei ole kastkuivati sobilik suuremate teraviljakoguste kuivatamiseks. Väike läbilaskevõime ning suurel hulgal füüsilist tööd räägivad selle kahjuks. Ka kasutusel olev sorteerimismasin on liialt väikse tootlikkusega. Samuti ei ole kõige paremini lahendatud ka teravilja pakendamine. Hooaja tipul tuli tööl hoida pidevalt vähemalt 4 töolist.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli kõrvaldada kõik eespool esile toodud puudused. Selleks tuli sorteeriliini modifitseerida ning välja mõelda efektiivsemad lahendused, mis nõuaks vähem füüsilise töö tegemist ning vähem tööjõudu ja oleksid sobilikud antud tootja oludesse.

Püstitatud eesmärgi täitmiseks on planeeritud lahendada järgmisi ülesandeid:

- 1) uurida olemasolevate analoogsete sorteerlate iseärasusi;
- 2) viia läbi seemnepuhastusmasinate turu-uuring ja analüüs;
- 3) valida sobivad tehnoloogilised seadmed ja koostada teravilja töötlemise tehnoloogiline skeem;
- 4) teostada lahenduse tasuvusanalüüs;
- 5) teravilja koristusjärgse töötlemise modifitseerimiseks oli planeeritud läbi viia järgmised etapid:
  - Tootlikuma ning kaasaegsema kuivati paigaldamine koos teravilja säilituspunkritega.
  - Mahukamate viljasalvede ehitus sorteerimata ning sorteeritud vilja jaoks.
  - Suurema tootlikkusega sorteerimismasina paigaldus koos triööridega.
  - Teravilja transpordi ning pakendamisviiside täiustamine.

## **2. TURU-UURING**

### **2.1 Seemnepuhastusmasinate otsing**

Tänapäeval on seemnepuhastus- sorteerimismasinate turg väga lai. Leiab erineva suuruse ja tootlikkusega masinaid. Samuti on mitmeid erineva tööpõhimõttega masinaid. Vaatamata laiale valikule turul, kasutatakse endiselt hulgaliselt vanema tüüpi masinaid. Eriti populaarsed on vanema põlvkonna masinad väiketootjate hulgas. Levinuimaks võiks nimetada firma „Petkus“ toodangut. Antud firma masinad on lihtsa konstruktsiooniga, vastupidavad, hõlpsasti seadistatavad ning arvestatava tootlikkusega, rahuldades enamike tootjate vajadusi.

Otstarbe järgi liigitatakse seemnepuhastid järgmiselt [1]:

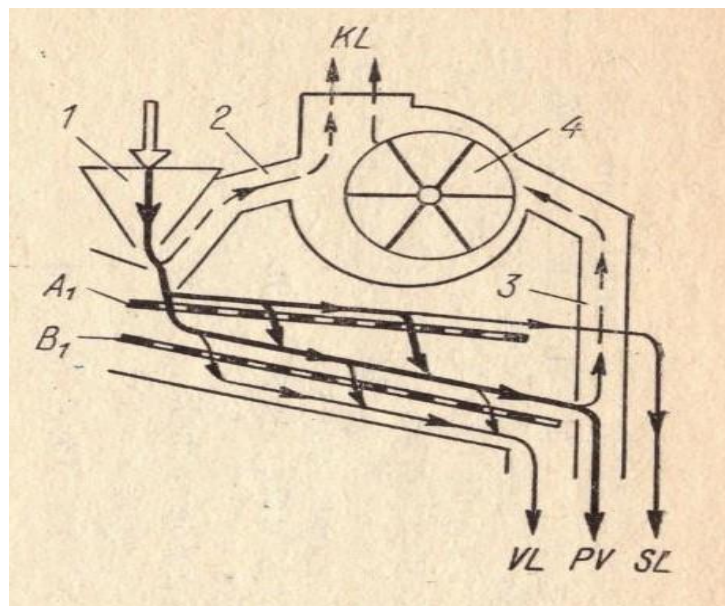
- 1) Eelpuhastid, mida kasutatakse niiske vilja puhastamiseks enne kuivatusprotsessi. Eemaldatakse umbrohuseemned, kõrretükid. Selle tulemusel on kuivatusprotsess kergem ja kokkuvõttes odavam.
- 2) Järeldpuhastid, mida kasutatakse kuivatatud vilja puhastamiseks ja sorteerimiseks. Nende masinate tööseadised on sõelad, tuulamissüsteem ja triöörisilindrid.
- 3) Eripuhastid, mida kasutatakse järeldpuhastatud vilja täiendavaks puhastamiseks ja sortimiseks tera pinna omaduste, erikaalu ja teiste parameetrite alusel.

Seemnete sorteerimis- puhastusmasinate konstruktsioon peab tagama seemnete kvaliteetse sorteerimise ja puhastamise. Samuti peavad masinad olema ise kergesti puhastatavad ja ümberseadistatavad juhul kui minnakse üle ühelt seemneliigilt või sordilt teisele. Viimastel aastatel on seemnepuhastusmasinate teemal avaldatud mitmeid publikatsioone [12-13].

#### **2.1.1 Petkus K-523 eelpuhasti**

Tegemist on masinaga, mis on mõeldud eelkõige teraviljade eelpuhastamiseks enne kuivatusprotsessi. Toodetud endises Saksa Demokraatlikus Vabariigis. Selle põhisõlmedeks on ventilaator, millel kaks aspiratsioonikanalit, kahe sõelaga sõelakast, kolu, raam ning kaks

elektrimootorit (joonis 2.1). Esimene mootor käitab ventilaatoreid, teine masinas olevaid sõelakaste [2].



**Joonis 2.1** Eelpuhasti K-523 tööskeem: PV - puhas vili, SL - suured lisandid, VL - väikesed lisandid, KL - kerged lisandid [1].

Viljakolusse 1 asetatud vili langeb kolu põhjas olevale võnkrennile, mis omakord puistab teravilja sõelakasti ülemisele sõelale. Samal ajal möödub vilja mass ka esimesest aspiratsiooni kanalist 2, mis eraldab kergemad lisandid. Ülemine sõel  $A_1$  eraldab viljast suured lisandid [1]. Alumise sõela  $B_1$  ülesanne on eraldada väiksemad lisandid vilja massist. Lõplik puhastamine toimub masina teises aspiratsioonikanalis 3. Ventilaatorit käitava elektrimootori võimsus on 3,0 kW. Sõelakaste käitava mootori võimsuseks 1,1 kW [1]. Masina koguvõimsus seega 4,1 kW. Passiandmete järgi tootlikus eelpuhastamise puhul kuni 25 tonni tunnis ning seemneviljaks sorteerimise puhul kuni 12 tonni tunnis [11].

### 2.1.2 Kongskilde KF eelpuhasti

Firma „Kongskilde“ pakub laias valikus teravilja eelpuhastusseadmeid (joonis 2.2). Sobiliku mudeli leiab nii väiksema tootlikkusega põllumajandusettevõtetesse kui ka suurematele tootjatele. Kõige madalama tootlikkusega on mudel KF - 12, mis suudab teravilja puhastada kuni 12 t/h. Võimsam neist on mudel KFP- 120, mis on suuteline puhastama 120 t/h [3].

Viimane sobib ideaalselt kasutamiseks suurtootjale. Elektrimootorite võimsused on vahemikus 0,75-7,9 kW [3].



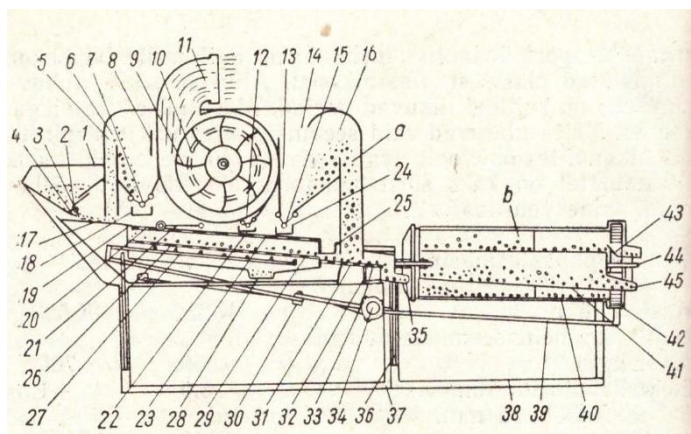
**Joonis 2.2** Eelpuhasti „Kongsilde“ [3].

Antud teravilja eelpuhastusmasina tööpõhimõte on võrdlemisi lihtne: masinasse sisenev vili läbib aspiratsioonikambri, kus ventilaatori poolt tekitatud õhuvool eemaldab viljamassist kergemad lisandid [3]. Kergemad lisandid väljuvad masina ülemisest osast, kus asub teine ventilaator koos elektrimootoriga. Puhastatud vili kukub gravitatsioonijõu toimel seadme alumisele osale ning suundub edasi kuivatusseadmesse [3]. Käesoleva masina suureks eeliseks võiks nimetada selle universaalsust - võimalik paigaldada erinevatesse viljakuivatus süsteemidesse.

### **2.1.3 Petkus K- 531 järelpuhasti**

Seemnetepuhastusmasin Petkus K- 531 on ette nähtud tera- kaunviljade ja heinaseemnete sorteerimiseks ning puhastamiseks. Antud masin on väiksemates põllumajandusettevõtetes leidnud laialdast kasutust.

Masina põhikomponendid on terasraam, sisselaadimiskolu koos toitevõlli ja reguleerimissiibriga, tuulamiseade, sõelakast ning kaks triööri (joonis 2.3). Tuulamiseade koosneb omakorda kahest aspiratsioonikanalist, ventilaatorist ja kahest kambri, mis eraldavad teravilja massist lisandeid [2].



**Joonis 2.3** Seemnepuhastusmasina Petkus K- 531 tehnoloogiline skeem [2].

Sõelakasti ülemisele sõelale on paigaldatud koputi 21, mille eesmärgiks on parandada sõela töökvaliteeti ning suurendada sorteerimismasina tootlikkust. Alumise sõela alla on installeeritud harjad 27 ning nende eesmärk sarnaneb koputile [2]. Vajaliku õõtsliikumise tekitab sõelakastile keps 30, mille üks osa on ühendatud vaheajami ekstsentriskuga 34 [2].

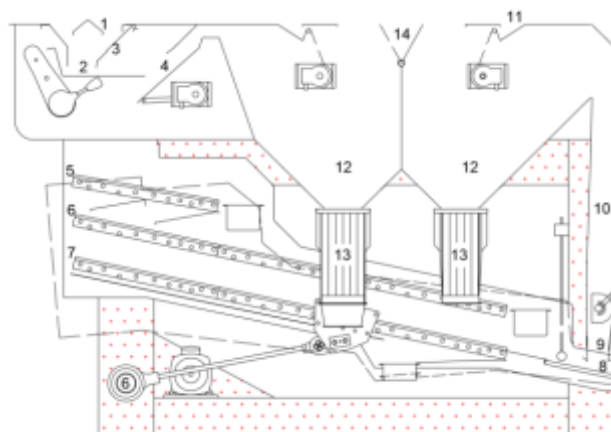
Seemnete puhastamiseks tuleb asetada nad sisselaadimiskolusse 1. Toitevõlli 3 abil juhitakse vili esimese aspiratsiooni kambri all asuvale sõelale 17 [2]. Selles punktis eraldatakse õhuvoolu abil kergemad lisandid. Järgnevalt liiguvad seemned sõelakastis asuvale ülemisele sõelale 20. Seal leiab aset jämedate lisandite eraldumine. Sõela läbinud seemned kukuvad sõelakasti alumisele sõelale 26, kus toimub peenete ja raskete lisandite eraldumine [2]. Seemned, mis jäid alumisele sõelale, läbivad teise aspiratsiooni protsessi, kus õhuvoolu abil toimub täiendav puhastamine [2]. Järgnevalt liiguvad seemned triööri.

Masina passitootlikkus seemnevilja puhul 2,5 t/h ning tarbevilja puhul 3,5 t/h [11]. Kasutatava elektrimootori võimsus  $P = 7,5 \text{ kW}$

#### **2.1.4 Cimbria DELTA 143.1**

Cimbria puhul on tegemist suure ettevõttega, mis pakub laias valikus erinevat põllumajandustehnikat, sealhulgas vilja sorteere. Nende vilja sorteerimis ja puhastamise masinad on tuntud oma kvaliteedi ja täpse töö poolest. Juhul, kui teiste masinate abil seemne täiuslik puhastamine ebaõnnestub, võib sageli tulu tuua mõne Cimbria sorteeri kasutamine (joonis 2.4).





**Joonis 2.4** Cimbria DELTA 143.1 seemnepuhasti skeem [5].

Tegemist on väga mitmekülgse sõelsorteeriga, millega saab töödelda kõiki teravilju. Masina suureks eeliseks on üliefektiivne aspiratsioonisüsteem, mis eraldab kergemad lisandid sisselaske 1 juures ning täiendav eraldamine toimub väljalaske 8 juures. Eraldatud kerge materjal suunatakse prahikambritesse 12, kus tigukonveierid 13 juhivad lisandid masinast välja [5]. Sisselaske sõel 5 eemaldab vilja massist väga suured lisandid. Järgnevalt kukub vili alumisele sõelale 6, mis eraldab ülemõõdulised produktid [5]. Kõige alumise sõela 7 eesmärk on eraldada alamõõdulised lisandid. Puhastatud ja sorteerid vili väljub väljalaske 8 kaudu.

Sõelte puhtana hoidmise ülesanne ei ole jäetud harjastele vaid spetsiaalsetele kummipallidele. Eelpuhastamise puhul masina tootlikkus kuni 45 t/h [5]. Seemnevilja järelsorteerimise tootlikus jääb vahemikku 3-5 t/h [5]. Elektrimootorite koguvõimsus 2,95 kW.

### **2.1.5 Cimbria LAB GA gravisordeer**

Antud sorteeritüüpi kasutatakse sarnaste mõõtmetega seemnete eraldamiseks. Mõningatel juhtudel on kahjustunud terad mõõtmete poolest identsed tervete teradega ning tavaline sõelsorteer ei suuda neid eristada. Sellise juhtumi korral leiab abi gravisorteeri kasutamisest (joonis 2.5).

Sortimine toimub terade erikaalu järgi. Sellist tüüpi sorteerid suudavad eristada teri väga minimaalsete erinevuste järgi nende erikaalus. Tänu sellele saavutatakse maksimaalse kvaliteediga toodang.



**Joonis 2.5** Cimbria LAB GA gravisorteer.

Töödeldavad seemned viiakse pideva voona sorteerimise laua pinnale nii, et see oleks pidevalt kaetud. Töölaua pind, mis on vibreeriv, on kaetud poorse materjaliga. Läbi sõela juhitakse seemnete poole õhuvool. Seemnete omavaheline hõõrdejõud kõrvaldatakse vibratsiooni ja õhuvoolu abil [6]. Vibratsiooni tõttu liiguvad rasked osakesed kõrgema tasandi suunas ning kerged osakesed liiguvad madalamate tasandite suunas [6]. Sorteerimise piki- ja ristisuunaline kalle on reguleeritav vastavalt vajadusele. Antud mudeli tootlikkus 300 kg/h teravilja puhul, seega sobib ainult väiksemate partiide puhul. Elektrimootori võimsus  $P = 1,87$  kW.

## 2.2 Seemnepuhastusmasinate võrdlushinnang

Turu-uuringu käigus välja toodud erineva otstarbega ning tööpõhimõttega seemnepuhastusmasinad on koondatud hea ülevaate saamiseks tabelisse (tabel 2). Käsitletud sai üksnes tuntumate firmade tehnikat. Tabelis on esindatud peamised sorteerimise parameetrid.

**Tabel 2.** Seemnepuhastusmasinate võrdlushinnang

Näitaja	Petkus K-531	Cimbria LAB-GA	Cimbria Delta 143.1	Petkus K-523	Kongskilde KF
Tootlikkus (t/h)	2,5-3,5	0,3	3-45	12-25	12-120
Jõuallika võimsus (kW)	7,5	1,87	2,95	4,1	0,75-7,9
Otstarve	Järelduhastus	Järelduhastus	Eel ja järelduhastus	Eel ja järelduhastus	Eelduhastus
Masina liik	Sõelsorteer	Gravisorteer	Sõelsorteer	Sõelsorteer	Tsüklon

Eesolevast tabelist selgub, et erinevate masinate tootlikkused erinevad üsna suurel määral. Samuti nende ajamite elektrimootorite võimsused. Kõik välja toodud masinad erinevad kindlasti ka töö kvaliteedi poolest. Kindlasti ei saa kõigiga teravilja järelduhastust läbi viia, kuigi tootja on seda deklareerinud. Osad selles tabelis väljatoodud masinatest on ikkagi konstrueeritud eelkõige eelduhastuse läbiviimiseks enne kuivatamisprotsessi (K-523 ja Kongskilde).

### 3. KESK-EESTI SEEMNEKESKUSE SORTEERLA MODIFITSEERIMINE

#### 3.1 Nõudmised uuele kuivatuskompleksile ja sorteerla lahendusele

Kuna hetkeseisuga kasutusel olev sorteerla ja viljakuivatus lahendus ei vasta tootja nõuetele haritava maa suurenemise tõttu (aastane teraviljatoodang ligikaudu 500 tonni), on vaja koostada uus ning tootlikum sorteeriliin, mis vähendaks ühtlasi ka tööjõu kulusid. Selleks koostatakse ülevaatlik tabel, kus tuuakse välja erinevad kuivatuskompleksile ja sorteeriliinile esitatud nõuded (tabel 3).

**Tabel 3.** Uuele kuivatuskompleksile ja sorteeriliinile esitatavad nõuded.

Iseloomustavad suurused	Ühik	Arvsuurus
Kuivati mahutavus	m <sup>3</sup>	25
Kuivati läbilaskevõime	t/h	5
Viljapunkrite kogumahutavus	m <sup>3</sup>	250
Sorteerimismasina tootlikkus	kg/h	1300
Maksumus	€	140 000
Vajalik töötajate arv		2
Sorteerijärgse viljasalve mahutavus	m <sup>3</sup>	15,5

Antud nõuetest lähtudes, hakati otsima sobilikku tehnikat, mis vastaks nõuetele ning oleks ühtlasi ka optimaalsed. Kuna seemnekeskuse sorteerla modifitseerimine toimus PRIA investeerimistoetuste raames, tuleb vajalikud seadmed valida nende spetsiaalsest hinnakataloogist.

#### 3.2 Sorteeriin ning teravilja transport

Hoone, kuhu planeeriti paigaldada uut modifitseeritud sorteeriliini, on kahekorruseline endine karjalaut. Kaks korrust muudab tootmise planeerimise mõnevõrra lihtsamaks, kuna teisele korrusele saab ehitada vajalikud viljasalved. Ühekorruselise hoone puhul jääksid salve tugipostid liikumisvabadust piirama.

Võttes arvesse nõudmiste tabelis sorteerimismasinale esitatud nõuded, osutub kõige ratsionaalsemaks valikuks „Petkus 531 Gigant“ sorteereri kasutamine. Lisaks puudub vajadus selle ostmiseks, kuna selgus, et masin on saadud tasuta erinevate teenustööde eest, seega lisakulutusi sorteerimismasinale teha ei tulnud. Ka eraldi eelpuhasti järgi polnud vajadust, kuna põlluharimisvõtted ning taimekaitse on aastate lõikes olnud üsna heal tasemel. Põllult koristatud vili reeglina suurel hulgal lisandeid ei sisalda. Eelpuhasti on aga üsna hea abiline mahetootjatele, kellel kemikaalide kasutamine põldudel pole lubatud.

Korrektse seadistamise korral on välja valitud masinaga võimalik saavutada üsna kõrgeid vilja puhtusprotsente. Samuti vastab tootlikkus nõuetele ning masina komplekti kuuluvad ka triöörsilindrid, mis on samuti väga vajalikud masinaelementideks. Oluliselt kallimate „Cimbria“ masinate kasutuselevõtt ei olnud eriti otstarbekas lahendus antud juhul.

Tootmishoone teisele korrusele planeeritavad kaks viljasalve on kuju poolest korrapäraseid püramiidid. Puitmaterjalist ehitatakse nõuetekohane karkass. Salve sisu vooderdatakse, kasutades OSB plaati. Viljasalv peab mahutama vähemalt 10 tonni teravilja (otra). Mahutavus sõltub suuresti teravilja tihedusest. Keskmise nisu tihedus on ligikaudu 750 kg/m<sup>3</sup>, odra tihedus 650 kg/m<sup>3</sup>. Järgnevalt arvutame, kui suur peab olema viljasalve maht, et mahutada edukalt ära mõlemat kultuuri 10 tonni jagu.

$$V_{vajalik} \geq \frac{m_{vili}}{\rho_{vili}} \quad (3.1)$$

kus  $V_{vajalik}$  on teravilja salve vajalik ruumala m<sup>3</sup>;

$m_{vili}$  – teravilja mass kg;

$\rho_{vili}$  – teravilja tihedus (oder) kg/m<sup>3</sup>;

Kuna odra tihedus on väiksem, siis arvutuses kasutatakse selle andmeid.

$$V_{vajalik} = \frac{10\,000}{650} = 15,38 \text{ m}^3$$

Teravilja salve minimaalseks ruumalaks saadi 15,38 m<sup>3</sup>.

Kuid viljasalved tuleks ehitada mõningase varuga, sest teraviljade tihedus on igal aastal erinev, kord suurem ja siis jällegi väiksem. Sobilik mahutavus võiks olla ligikaudu 15,5 m<sup>3</sup>. Võttes salve pikkuseks ning laiuseks 4,2 meetrit, leitakse salve kõrgus. Korrapärase püramiidi ruumala arvutatakse järgneva valemiga:

$$V = \frac{1}{3} \cdot S_p \cdot h \quad (3.2)$$

kus  $V$  on viljasalve ruumala  $m^3$ ;

$S_p$  – teravilja salve põhja pindala  $m^2$ ;

$h$  – teravilja salve kõrgus  $m$ ;

Valemist 3.2 avaldatakse salve kõrgus:

$$h = \frac{3 \cdot V}{S_p} \quad (3.3)$$

Leiame kõrguse, pannes teadaolevad suurused valemisse:

$$h = \frac{3 \cdot 15,5}{4,2^2} = 2,64$$

Seega on meil kindlaks tehtud vajalikud mõõtmed planeeritavate viljasalvede jaoks.

Sorteeritava teravilja suunamiseks kuivati punkritest sorteeri salvedesse on kaks varianti: elevaator- või pneumotransportöör. Arutelu tulemusena selgus, et elevaator liini paigaldamine poleks kuigi mõistlik lahendus kuna kuivatuskompleks asub ligikaudu 50 meetri kaugusel tootmishoone salvedest. Tegemist oleks kuluka investeeringuga. Otsustati pneumotransportööri kasuks, kuna tegemist on väga mobiilse ja paindliku masinaga. Lisaks on hinnaklass mõistlik ning ka tootlikkus vastab esitatud nõuetele PRIA kataloogist leiame ainult Poola firma „Augustow“ toodangut. Huvi pakuva masina mudel on T 470 PTO (joonis 3.1). PTO mudelikirje lõpus tähendab seda, et masin saab enda tööks vajaliku jõu traktori käitusvõllilt. Paljude pneumotransportööride ajamiseks elektrimootorid, kuid nende tootlikkus on oluliselt väiksem võrreldes traktori käitusvõlli pealt töötavatega.



**Joonis 3.1** Pneumotransportöör T 470 PTO [7].

Teoreetiline tootlikkus passiandmete järgi kuni 35 t/h. Maksimaalne vilja transportimise kaugus kuni 80 meetrit, mis on täiesti piisav. Traktor peab masina edukaks käitamiseks suutma käitusvõllilt välja anda 62 kW jagu võimsust ning võlli nõutav pöörlemissagedus on 1000 p/min. Imur-puhuri ette rakendati traktor „Valtra 6550“, millel saab käitusvõlli kiiruseid valida, kas 540 või 1000 p/min. Samuti arendab traktor piisaval hulgal võimsust (74 kW).

Pneumotransportööri puuduseks võib lugeda suurt transportimise käigus tekkivat viljatosmu hulka tootmishoones. Tolmukoguse vähendamiseks tuleb viljasalved ehitada võimalikult hermeetilised. Lisaks tuleb kasuks kui salve ülemise osa peale paigaldada spetsiaalne ventilatsioonitoru millega oleks võimalik viljatosmu väliskeskkonda suunata.

Peale sorteerimis- ja puhastamisprotsessi triöörides ja sorteerimismasinas tekib vajadus vilja transportimiseks järgmisesse salve, mis mõeldud puhta vilja hoiustamiseks. Üks variantidest oleks elevaatortransportööri kasutamine. Selle suureks eeliseks on, et transpordi käigus lõhutakse teri minimaalselt. Teiseks viljatranspordi variandiks oleks vertikaalse viljateo kasutamine (joonis 3.2).



**Joonis 3.2** Vertikaalne teraviljatigu T 401/3 [8].

Antud masinal on kasutusel kaks tigu. Esimene ning lühem kannab kolusse kukkunud vilja ette suuremale püstsele teole. Püstne tigu transpordib vilja vertikaalses suunas. Vertikaalne tigu on pikendatav, sõltuvalt toruliini pikkusest (pikendus kinnitatakse poltliitega). Minimaalne toruliini pikkus on 4 meetrit ja maksimaalne 12 [8]. Toru läbimõõt 140 mm, tootlikkus kuni 20 t/h, mis on täiesti piisav arvestades esitatud nõudeid. Seadmel on kasutusel 2 elektrimootorit võimsustega 4 ja 1,5 kW [8]. Antud teraviljatransportööri kasuks

räägib selle hind, mis on elevaatoriga võrreldes tunduvalt odavam. Puudusena tasuks mainimist, et tigutransportöör kahjustab viljaterasid mingil määral, kuid ei midagi katastroofilist.

### 3.3 Kuivatikompleks

Ainult sorteeriliini modifitseerimisel ei oleks antud juhul erilist mõtet. Kui kuivatuslahendus jätta samaks ehk siis kastkuivati peale, kasvaks tootmise efektiivsus väga vähesel määral. Vana lahenduse kõige suuremaks murekohaks oligi just kastkuivati kasutamine võrdlemisi suurte teraviljakoguste juures.

PRIA hinnakataloogist leiame mitmete erinevate tootjate teraviljakuivateid. Põllumeeste seas on üsna palju heakskiitu saanud Soome firma „MEPU“ kuivatid, sest nende hinna ning kvaliteedi suhe on väga hästi paigas. Kataloogis pakutakse nii K kui ka M- seeria kuivateid. Mõlema puhul on tegemist mobiilsete kuivatitega, mitte statsionaarsetega. Mobiilse kuivati asukohta ei fikseerita kindlalt vaid seda on võimalik vajadusel liigutada, kuna on varustatud ratastega (töö ajal tugijalgadel). MEPU K - seeria (joonis 3.3) on turul olnud juba üsna pikka aega ning seda on müüdud paljudesse riikidesse. Tuntud on see just oma efektiivsuse ja vastupidavuse poolest.



**Joonis 3.3** MEPU K - seeria teraviljakuivati [9].



Võttes arvesse kuivatile esitatud nõudmisi, sobib meile enim MEPU M275K mobiilne kuivati. Masina viljamahutavus tootja andmetel 25,2 m<sup>3</sup>. Arvutatud nisu pealt, mille niiskusprotsent 18. Seega erinevate kultuuride ja niiskuse sisalduse puhul pole kuivati maht ühene vaid esineb kõikumisi. Kui vilja niiskusesisaldus on kõrgem kui 18 %, siis kuivati viljamahtuvus väheneb. Kuivade ilmastikuolude korral mahub teravilja jällegi rohkem.

Antud kuivati mudeli juurde soovitatakse valida 400 kW võimsusega ahi. Kütusena on võimalik kasutada kas diislikütust või kütteõli.

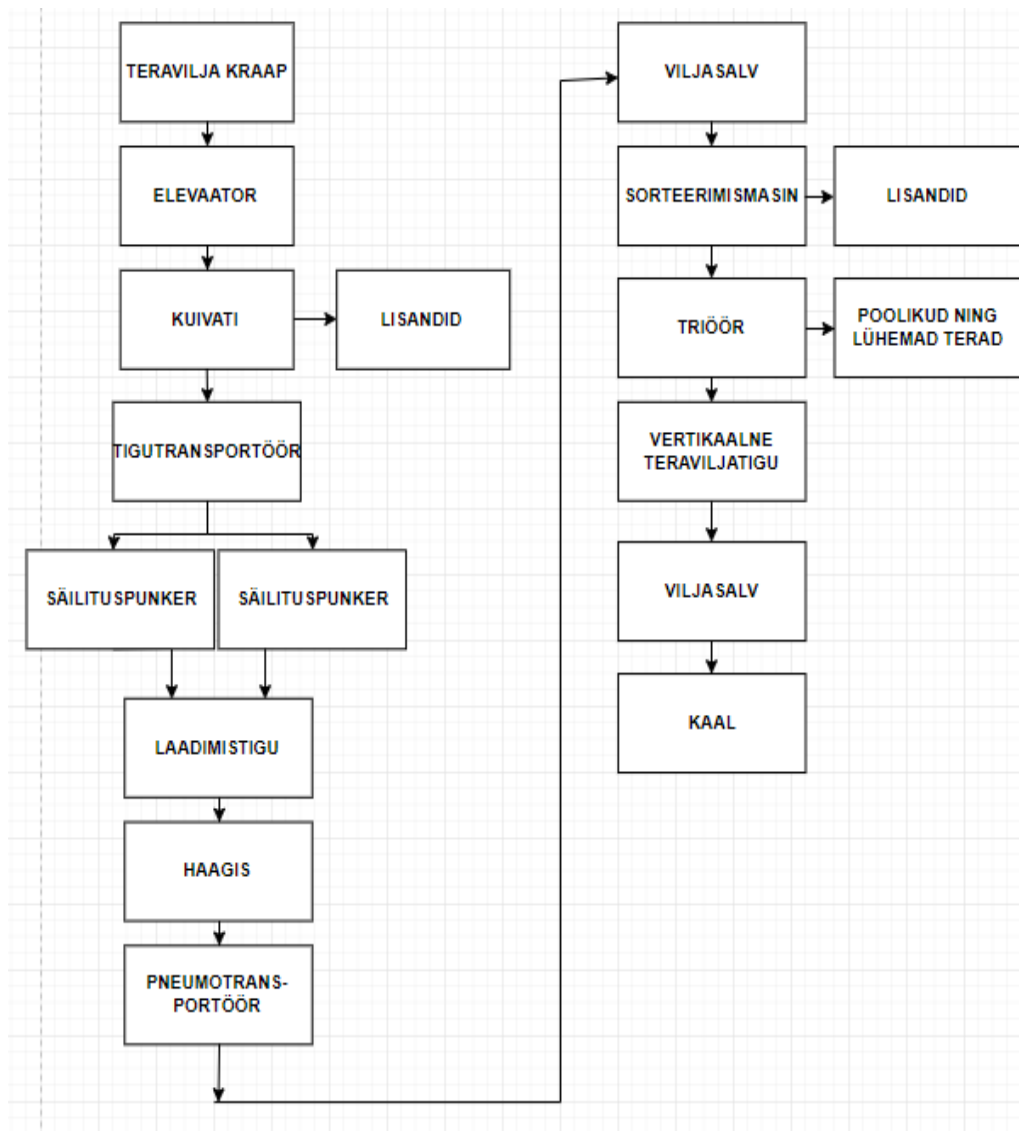
Kuivatile on sisse ehitatud ka eelpuhasti, mis kuivatusprotsessi jooksul puhastab vilja kergematest lisanditest. Kastkuivatil sellist lahendust ei ole ning vili liigub sorteereri koos kõigi lisanditega, mis aeglustab vilja töötlemise protsessi. Eelpuhastatud vilja korral on võimalik sorteerile rohkem „peale anda“ ning tootlikkus tänu sellele suureneb.

Kuivatuskompleksi hulka kuuluvad veel kindlasti ka viljapunkrid, milles on võimalik säilitada kuivatatud teravilja ning kaitsta teda ilmastikutingimuste eest. Viljakoristusperioodil on ülioluline võimalikult suur punkrite mahutavus. Vastasel juhul võib probleem vilja paigutamise tekkida. Esialgu planeeriti paigaldada 2 punkrit, mille kogumahtuvus ületab veidi esitatud nõudmisi, täpsemalt 256 m<sup>3</sup>. Kahe või enama punkri korral, saab vajadusel mahutada erinevaid teravilja kultuure. Nisu ja oder saavad koristusküpsaks reeglina üsna samal ajal. Võttes arvesse odra ja nisu keskmisi tiheduse näitajaid, siis mahutavad 2 punkrit kokku ligikaudu 166 tonni otra ning 192 tonni nisu.

Mõlemad punkrid on varustatud tühjendustigudega. Tühjendustigudel on olemas eraldi kolud punkrite all, kuhu saab suunata punkrist tulevat vilja. Punkrite põhjas asuvad siibrid, mis on reguleeritavad vastavalt vajadusele. Väljalaadimistigude abil saab väga edukalt ka veoautode haagiseid vajadusel viljaga täita.

### **3.4 Teravilja töötlemise lahenduse tehnoloogiline skeem**

Et paremini selgitada planeeritavat sorteeriliini ja kuivatuskompleksi, koostati lahenduse tehnoloogiline skeem, millel on näha kõik etapid (joonis 3.4).



**Joonis 3.4** Tehnoloogiline skeem.

Käesoleval joonisel 3.4 on kujutatud teravilja teekonda töötlemise algusest kuni töötlemise lõpuni. Põllult tulev koristatud teravili laetakse maha vastuvõtu kolusse. Kolu põhjas asub viljakraap, mis transpordib vilja koppelevaatorini. Elevaatorist jõuab vili kuivatisse, kus viiakse läbi kuivatamis - ning hilisem jahutusprotsess. Samuti toimub kuivatis teravilja eelpuhastus. Peale kuivatit liiguvad seemned edasi tigutransportööri abil, mis kannab toodangu punkritesse hoiule. Kuna tootmishoone ja kuivatikompleksi vahel on arvestatav vahemaa, siis laetakse vili traktori haagisesse punkri tühjendusteo abil. Haagis mahutab probleemivabalt päevase sorteerimise koguse ( ligikaudu 10 tonni). Traktori haagisest on vili vaja mingisuguse lahendusega esimesse salve saada. Selleks kasutatakse pneumotransportööri, mis saab enda tööks vajaliku energia traktori käitusvõllilt.

Esimese salve väljund asub täpselt sorteerimismasina „Petkus“ kolu kohal. Väljund on varustatud siibriga, millega saab vilja pealevoolu masinasse reguleerida. Peale sorteerimismasinat liigub vili triöörsilindritesse, mis eraldavad lühemad ning poolikud terad normaalsetest teradest. Lühikesed ning poolikud terad juhitakse eraldi mahutitesse. Terved ja normaalse suurusega terad kukuvad aga triöörsilindri rennist püstse viljateo kolusse, mis transpordib toodangu järgmisesse viljasalve. Töödeldud vilja salvel on samuti reguleeritava väljavooluga väljund, millest laetakse vili „Big-Bag“ kottidesse, mis mahutavad 1000 kg . Pakend asetatakse kaalumisfunktsiooniga varustatud kahvelkärule ning kinnitatakse sangadega spetsiaalsete konksude külge. Kui vajalik kogus vilja on pakendis, sulgetakse siiber ning kott transporditakse lattu turustamist ootama.

## 4. LAHENDUSE TASUVUSANALÜÜS

### 4.1 Prognoositav kogukulu sorteeriliini ning kuivatuskompleksi rajamisele

Prognoositava kogukulu saame arvestada meile erinevate firmade poolt tehtud hinnapakumiste põhjal. Kuivati ning teraviljapunkrite pakkumised sisaldavad juba paigaldust, mistõttu paigalduse eest eraldi maksuma ei pea. Lisaks vajavad ehitamist kaks viljasalve tootmishoone teisele korrusele ning kuivati vastuvõtukolu varjend, kaitsmaks teda ilmastikutingimuste eest. Prognoositavad kulud on nähtavad tabelis 4.

**Tabel 4.** Kulud planeeritavale sorteeriliinile ning kuivatuskompleksile

Kuluelement	Maksumus, €
Teraviljakuivati MEPU M275K	63 228,00
Teraviljapunkrid koos tarvikutega	45 344,00
Pneumotranspordööri T470 PTO	10 896,00
Vertikaalne teraviljatigu T 401/3	2040,00
Viljasalvede ehitus koos materjalidega	2000,00
Varjendi ehitus kuivati vastuvõtu kolule	10 000,00
<b>KOKKU</b>	<b>133 508,00</b>

Käesolevast tabelist selgub, et modifitseerimise prognoositav kogumaksumus jääb planeeritud eelarve piiridesse.

### 4.2 Tasuvusaja määramine

Suuremate investeeringute juures pakub tootjale alati huvi kui palju kulub aega alginvesteeringu tasa teenimiseks. Mida lühem tasuvusaeg, seda parem. Põllumajanduse valdkonnas teeb arvestamise keerukamaks asjaolu, et saagid pole aastate lõikes kunagi võrdsed. Mõnel aastal, kui ilmastikutingimused soosivad ning põlluharimisvõtted on olnud korrektsed, saab põldudelt korraliku saagi. Sellist tüüpi aastal jällegi vilja kokkuostu hinnad reeglina langevad. Kui saagikuse poolest on aasta halb, kokkuostu hinnad jällegi suurenevad, kuid müüa on jällegi vähem. Seetõttu on fikseeritud tulu määramine vägagi keerukas. Arvutusi saame teha kasutades keskmisi väärtusi. Nende põhjal saab määrata ligikaudse tasuvusaja.

Keskmine hektarite arv  $A$ , kus teravilja kasvatatakse on 130. Keskmine saagikus  $s$  hektarilt ligikaudu 4 tonni. Kogusaagikus seega 520 tonni teravilja aastas. Kuna kõik kasvatavad teraviljaliigid müüakse maha seemneviljana mitte söödaviljana, saab tonni eest küsida kõrgemat hinda. Keskmiseks seemnevilja müügihinnaks  $M_{sv}$  ligikaudu 330 €/t. Järgnevalt leitakse teravilja pealt saadav aastane müügitulu  $E_t$

$$E_t = A \cdot s \cdot M_{sv} = 130 \cdot 4 \cdot 330 = 171\,600 \text{ €} \quad (4.1)$$

Puhastulust tuleb maha lahutada tootmisega seonduvad kulud. Näiteks kulud töötajatele, elektrienergiale, diislikütusele, tehnika remont/varuosad. Ka nende suuruste puhul tuleb kasutusele võtta keskmised. Näiteks diislikütuse kulu sõltub suuresti põllult koristatud vilja niiskusest. Märja vilja kuivatamise peale kulub tunduvalt rohkem kütust.

Teravilja kuivati keskmine läbilaskevõime on keskmiselt 5 t/h. Seega 520 tonni vilja kuivatamisele kuluv aeg  $t_k$  on 104 tundi. Kuivati ahju diislikütuse kulu  $q_k$  on 40 l/h, mis teeb diislikütuse kogukuluks 4160 liitrit. Kütuse hind  $M_{kütus}$  on 0,80 €/l. Arvutame rahalise kulu diislikütusele  $k_{kütus}$

$$k_{kütus} = t_k \cdot q_k \cdot M_{kütus} = 104 \cdot 40 \cdot 0,8 = 3328 \text{ €} \quad (4.2)$$

Kuivati elektrimootorite koguvõimsus  $P_k$  on tehase andmete järgi 18 kW, seega 104 töötunni  $t_k$  jooksul kulub elektrienergiat 1872 kWh jagu. Lisaks tuleb kuivati kogu energiakulule juurde liita sorteerimismasina ja vertikaalse teravilja tigutransportööri energiakulud. Sorteerimismasina reaalne tootlikkus 1250 kg/h ja selle elektrimootori võimsus  $P_s$  7,5 kW. Vertikaalse teravilja teo mootorite koguvõimsus  $P_t$  5,5 kW. Töötundide arv  $t_s$ , mis kulub aastase teravilja koguse sorteerimiseks on 416. Kogu elektrienergia kulu sorteerimisliinil seega 5408 kWh. Liites sellele juurde kuivati energiakulu, saame summaks 7280 kWh elektrienergiat. Keskmine elektrienergia kWh hind  $M_e$  hetkeseisuga 0,052 €. Arvutame kogu rahalise kulu elektrienergiale  $k_{el}$ :

$$k_{el} = [P_k \cdot t_k + (P_s + P_t) \cdot t_s] \cdot M_e \quad (4.3)$$

$$k_{el} = [18 \cdot 104 + (7,5 + 5,5) \cdot 416] \cdot 0,052 = 378,56 \text{ €}$$

Töötajaid on planeeritud palgata 2, kes hakkavad opereerima teravilja sorteerimisliini. Mõlema töötaja brutopalk  $B_p$  6,00 € tunnis. Kui 520 tonni teravilja töötlemiseks kulub  $t_t = 416$  töötundi, siis saame kuluks 2496 € töötaja kohta. Sellele summale tuleb veel lisada 33

% määraga sotsiaalmaks  $S_m$ , mis tuleb tööandjal iga töölise pealt riigile maksta. Vastuseks saame 3319,68 € töötaja kohta. Arvutame ettevõtja kogukulu tööjõu peale  $k_{tj}$

$$k_{tj} = B_p \cdot t_t \cdot 2 \cdot S_m = 6 \cdot 416 \cdot 2 \cdot 1,33 = 6639,36 \text{ €} \quad (4.4)$$

Tehnika hoolduse ja remondi kulusid saab ainult prognoosida. See võib olla väiksem tabelis toodust, kuid ka oluliselt suurem.

Kõik välja arvatud kulud on koondatud ülevaate saamise eesmärgil vastavasse tabelisse (tabel 5).

**Tabel 5.** Teravilja töötlemislahenduse kuluallikad

Kuluallikad	Maksumus
Diislikütus	3328,00 €
Elektrienergia	378,56 €
Tööjõud	6639,36 €
Tehnika hooldus/remont	1000,00 €
<b>KOKKU</b>	<b>11 345,92 €</b>

Lahutades teravilja müügitulust kuluallikad saame aastaseks puhastuluks 164 050,00 €. Tasuvusaja määramiseks saame kasutada vastavat valemit [10]

$$t_{tasuv} = \frac{M_1}{M_2} \quad (4.5)$$

kus  $t_{tasuv}$  on investeeringu tasuvusaeg aastates;

$M_1$  – alginvesteering €;

$M_2$  – investeeringu aastane sissetulev rahavoog €.

Võtame kasutusse leitud suurused ning arvutame valemi abil tasuvusaja.

$$t_{tasuv} = \frac{133\,508,00}{160\,254,08} = 0,82$$

Kuna põllumajanduse valdkonnas saab suuremat tulu teenida peamiselt üks kord aastas kevadperioodil, kui leiab aset saagi turustamine, siis võib öelda, et antud teraviljatöötlemise lahenduse tasuvusaeg on ligikaudu üks aasta. Tasuvusajaga võib rahule jääda.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks oli modifitseerida Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ teravilja sorteerlat, kuna kasutusel olnud lahendus ei vastanud erinevate põhjuste tõttu enam tootja nõuetele ning vajas täiustamist kiiremas korras.

Töö eesmärgi saavutamiseks viidi läbi mitmeid etappe. Vajaliku informatsiooni ning ideede saamise eesmärgil tutvuti paari Eesti seemnekasvatuse ettevõtete kasutusel olevate tehnoloogiatega. Hiljem koostati ka vastav tabel, kus võrreldi kõigi kolme ettevõtte peamisi parameetreid. Selgus, et näitajad erinevad küllalt suurel määral ning täiustamist vajavaid sõlmesid esineb kõigil.

Järgnevalt teostati seemnepuhastus masinate turu-uuring, kus toodi välja mõningate tuntumate firmade seadmed. Kirjeldati kõigi seadmete tööpõhimõtet ning lisati ka vajalikud parameetrid (tootlikkus, mootorite võimsused). Turu-uuringu peatüki lõpus koostati ka võrdlusanalüüsi tabel, kus kõik eelnevalt kirjeldatud seadmed välja toodi.

Lihtsustamaks seadmete valikut uue sorteeriliini tarvis, koostati esmalt tootja poolset nõuded modifitseeritavale sorteerlale. Lähtudes esitatud nõuetest ning seemnepuhastusmasinate võrdlusanalüüsist, valiti välja tootjale sobilik tehnika. Kuna eelarve oli piiratud, pidi mõnes sõlmes kompromisse leidma. Koostati ka uue lahenduse tehnoloogiline skeem, kus toodi kõik etapid selgelt välja ning vilja liikumise skeem.

Kõiki tootjaid huvitab ka investeeringu tasuvusaeg, seega tuli läbi viia ka tasuvusanalüüs. Arvestati välja kogukulu rajatavale sorteerlale ning kuivatuskompleksile ja prognoositavad tootmisega seonduvad väljaminekud. Tasuvusajaks saadi ligikaudu 1 aasta, mis on väga hea näitaja.

Kõik töö alguses püstitatud eesmärgid said täidetud. Sorteerla ning kuivatuskompleksi ehitus on praeguseks jõudnud lõpule ning võetakse kasutusele juba eesoleval viljakoristusperioodil. Kui esineb puudujääke, siis kindlasti tehakse tulevikus ka täiendavalt muudatusi, et tootmist veelgi efektiivsemaks muuta.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Kallas, A.** (1980). Teravilja koristusjärgne töötlemine. Tallinn: Valgus. 105 lk.
2. **Tagavälja, K.** (1974). Heinaseemnete koristamise ja koristusjärgse töötlemise mehhaniseerimine. Tallinn: Valgus. 181 lk.
3. Dotnuva Baltic. (s.a). Eelpuhastid. [veebileht] <https://www.dotnuvabaltic.ee/category/teravilja-seadmed/teravilja-seadmed/eelpuhastid-sorteerid/eelpuhastid> (03.01.2019)
4. Kongsilde. (s.a). Aspirator pre- cleaners – KF. [veebileht] <http://grain.kongsilde-industries.com/Grain/Grain/Cleaners/Cleaners/Aspirator-pre-cleaners---KF> (05.01.2019)
5. Delta sorteerid: Brošüür. (s.a). Thisted: Cimbria Manufacturing A/S. 10 lk.
6. Gravity separator LAB- GA kasutus- ja hooldusjuhend. Käsiraamat. (2008). Thisted: Cimbria Manufacturing A/S. 22 lk.
7. Specagra. (s.a). Pneumaatilised imur-puhur transportöörid. [veebileht] <https://www.specagra.ee/imur-puhurid.html> (15.02.2019)
8. M-ROL. (s.a). Vertical auger conveyor. [veebileht] <https://mrol.com.pl/en/maszyny/vertical-auger-conveyor-type-t-401-3-o-140mm> (05.03.2019)
9. MEPU. (s.a). Mobiilsed kuivatid. [veebileht] <https://www.mepu.fi/ee/tooted/mobiilsed-kuivatid/k-seeria/> (21.03.2019)
10. Rahandus. (2017). Tasuvusaeg. [veebileht] <https://www.rahandus.ee/et/tasuvusaeg> (15.04.2019)
11. Petkus. (s.a). Renoveeritud seadmete müük. [veebileht] <http://petkus.fi/renoveeritud> (26.04.2019)
12. **Giyeveskiy, A.M., Orobinsky, V.I., Tarasenko, A.P., Chernyshov, A.V., Kurilov, D.O.** (2017). Substantiation of Basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. – *11th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS)*. Tomsk, Russia. Paper No. 327.
13. **Cășandroi, T., Popescu, M., Voicu, G.** (2009). A developing a mathematical model for simulating the seeds separation process on the plane sieves - *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*. Vol 71, No. 3, pp. 17-28.



14. **Kallas, A.** (2001). Seemnete koristusjärgne töötlemine ja säilitamine: käsiraamat seemnekasvatajale. Saku: Eesti Põllumajanduse Mehhaniseerimise Instituut. 108 lk.

## SUMMARY

The purpose of this bachelor's thesis is the upgrading of grain seed cleaning facility for the business company Kesk-Eesti Seemnekeskus OÜ, as the existing solution did not meet the expectations of the producer and thus needed an urgent modification.

The current thesis included a variety stages. To acquire the essential information and ideas, it was initially necessary to get and consolidate the know-how of a few Estonian seed farms. The data was then systematised to indicate the weak points of the technologies of the three farms compared.

The following stage involved a market research of grain seed machinery, which highlighted the equipment of some common manufacturers. The working principle as well as the vital parameters (capacity, engine power) of all the machinery was described. That chapter also encompasses a comparative table that lists all the above-mentioned machinery.

In order to simplify the selection of mechanical equipment for the seed cleaning solution, the list of requirements of the producer was laid out. The choice for the appropriate machinery was made on the basis of the list of requirements and the comparative table of machinery. As the budget was limited, compromises with some units of the machinery were inevitable. In addition, a technological scheme outlining all the stages of the process was drawn.

All producers are naturally interested in the return on the investment, so a cost-benefit analysis was made. It took into account the total set-up expenses for the cleaning and drying facilities as well as the projected production costs. According to the analysis, the payback time is around one year, which is an excellent ratio.

All the objectives of the thesis were met. The set-up of cleaning and drying facilities has been completed and is to be implemented as of the next harvesting period. Should there be any shortfalls and deficiencies, further modifications will be added on, so as to increase the efficiency of the production.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, \_\_\_\_\_,  
(*autori nimi*)  
sünniaeg \_\_\_\_\_,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_,  
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on \_\_\_\_\_,  
(*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_  
(*allkiri*)

Tartu, \_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
(*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_  
(*kuupäev*)